

鼎湖山马尾松径向生长动态与气候因子的关系*

侯爱敏** 周国逸 彭少麟

(中国科学院华南植物研究所, 广州 510650)

Relationship between climatic factors and radial growth of *Pinus massoniana* in Dinghushan Mountain. HOU Aimin, ZHOU Guoyi, PENG Shaolin (South China Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650, China). -Chin. J. Appl. Ecol., 2003, 14(4): 637 ~ 639.

Dendroclimatology method was used to study the relationship between ring index of *Pinus massoniana* and three climate factors in Dinghushan, South China. The ring indices were negatively correlated with the average temperature in June, August and September, and positively correlated with the average temperature of March, whereas no statistically significant correlation was found with monthly precipitation, showing that high summer temperature could limit the radial growth of the species. Meanwhile, tree ring indices showed a strong positive correlation with the relative humidity of April, June, August, September, October and November, and also with the average humidity of the whole year, indicating that atmospheric moisture could not fully satisfy the growth of *Pinus massoniana* despite of abundant rainfall. The possible impact of climate change on the growth of *Pinus massoniana* was discussed accordingly.

Key words *Pinus massoniana*, Temperature, Precipitation, Relative humidity, Climate change.

文章编号 1001 - 9332(2003)04 - 0637 - 03 中图分类号 S791.248 文献标识码 A

1 引言

树木年轮气候学(Dendroclimatology)是20世纪初兴起的一门学科,它通过研究树木年轮的宽度、密度、同位素含量等指标与气候因子的关系,来探讨气候因子的变化对树木径向生长、木材品质等的影响,并将其应用于森林管理、历史气候重建等研究中^[1,2]。近20年来,随着对气候变化及其影响的关注和研究技术手段的改进,树木年轮气候学的研究及应用更是进入了一个新的阶段,研究的地域范围由北美、欧洲等地区扩大到了南美、澳洲、非洲、亚洲地区,在许多地区已经形成网络,年轮序列的长度也有了极大的增加,有的甚至延长至8000年以上^[3],在高精度的历史气候重建方面起了不可替代的作用。然而,在我国,年轮气候学的研究开展较晚,仅有零星站点开展了研究^[7],研究的物种也较少,这与我国辽阔的地域范围和丰富多样的物种是不相称的。

马尾松(*Pinus massoniana*)广泛分布于我国的亚热带地区。由于其能够在贫瘠、恶劣的自然条件下良好生长而成为我国亚热带地区绿化造林和利用荒山废地恢复植被的主要先锋树种。亚热带为马尾松分布的南缘,而气候因子对植物生长的影响往往在其分布的边缘地带表现最为明显,因此,研究亚热带马尾松生长与气候因子的关系,不仅可预测气候变化对该物种分布区的影响,对引种、造林有指导意义,而且还可以探索马尾松在历史气候重建中的应用前景。本文采用较为先进的WinDENDRO软件配合扫描仪对亚热带地区的马尾松径向生长的变化及其与3个主要气候因子的关系进行了研究,并探讨未来气候变化对马尾松生长

与分布可能产生的影响。

2 材料与方法

2.1 植物材料

马尾松样品的采集主要是使用年轮钻于树干1.3m高处钻采生长锥,固定于特制框架中,自然干燥后磨平表面,以待分析。部分样品是在树干1.3m高处锯取的约3cm厚的圆盘,加工方法相同。

2.2 采样地点

马尾松生长于处于马尾松分布区南缘的广东鼎湖山自然保护区。鼎湖山距广州市86km,位于23°08'N, 112°35'E,地处南亚热带的南缘,属古热带植物区系,植被终年常绿,群落具多态性。本文各采样点围绕保护区的核心地带及外周的森林群落,除样树所处地点的隐蔽度有差异外,其他的生态、土壤条件相似,样地土壤皆为砖红壤。采样点包括:A,在保护区中人类干扰少的白云寺附近,海拔约290m,马尾松生长于阔叶树为主的混交林中,冠层隐蔽度80%~90%,树高15~25m,胸径30~60cm,树龄大部分在50~90年的范围内,采样点为白云寺的路上及白云寺护林站;B,鼎湖山旅游社和庆云寺附近,亦为混交林,海拔150~190m之间,隐蔽度60%~80%,马尾松树龄为68~82年不等,高18~25m,胸径25~52cm,采样点包括飞水潭、小瀑布景点和旅游胜地、

*国家自然科学基金重大项目(39899370和39928007)、广东省自然科学基金重大项目(980952)和中国科学院“九五”重大项目(KZ951-B1-110)。

**通讯联系人。

2000-11-15收稿,2001-04-09接受。

庆云寺护林站等。

2.3 气象数据

考虑到鼎湖山气象站的观测资料持续时间较短且不连续,本研究选用邻近的高要站(23°03'N, 112°28'E, 海拔高度 67m)的气候资料,主要气候指标为 1954~1992 年的逐年及每年逐月的平均气温、平均相对湿度和同时期的降水量值。

2.4 研究方法

宽度测量采用扫描仪结合专用年轮分析软件 WinDendro 进行。虽然所取样本的年轮宽度变化的敏感程度较高,但因在鼎湖山附近尚无其它定年准确的树木年轮年表可供参考,故着重分三步进行了交叉定年的验证。首先采用示意图式定年,以不同长度线段,标出年轮宽度变化型,强调窄轮对环境较为敏感的响应,从中找出假年轮和一些遗失的年轮,并对定年不太确定的打上标记;第二步是在用 WinDendro 测定年轮宽度变化时,以样本的相关性为依据,标记出误差较大的定年,并在测定时做出删除假轮、增加空轮等处理以进行校正;第三步,采用计算机程序 COFECHA 对样本序列进行相关验证。

年表的建立采用通用的 ARSTAN 软件,具体方法与步骤见文献^[4],最后得到 3 种年表:常规的标准化年表 STD;通过回归模型去掉个体特有的和由前期生理条件对后期生长造成的持续性影响之后建立的差值年表 RES;将采样点树木群体共有的持续性造成的生长量加回到差值年表上之后建立的回归标准化年表 ARS。最后应用 SPSS 统计软件寻求气候因子与 3 种年表的相关性,以分析气候因子对马尾松径向生长的影响。考虑到年平均指标在生物学上的意义不大,我们采用国际上通用的做法^[2],同时分析了各月平均气候指标及上年主要月份的指标与年轮因子的关系。

3 结果与分析

3.1 温度、降水与年轮指数的关系

从表 1 可以看出,与 3 种年表相关均达显著水平的温度和降水因子为:3、6、8 月和 9 月份的气温,9 月份的降雨。本地区为马尾松分布的南界,夏季高温成为马尾松生长的限制因子,表现为夏季 6、8、9 月 3 个月的气温与年轮指数的显著负相关;3 月份中下旬为本地区干季结束时期,马尾松新枝、芽开始萌动,温度升高有利于马尾松提早进入生长期,延长生长季,故而表现出了正相关。与温度的情况相反,本地区各月降水量的变化对马尾松生长不表现明显的影响,仅 9 月份降水量与年轮指数的相关系数达到了统计检验的显著水平。

3.2 相对湿度与年轮指数的关系

在 3 个气候指标中,马尾松响应最强烈的为相对湿度指标,不仅与 4、6、8、9、10 和 11 月等多个月份和当年平均相对湿度显著相关,而且相关系数也都较高。4 月份本地区刚刚进入雨季,较高的相对湿度可能利于新枝的生长;而 6、8、9 月份相对湿度增大有利于对抗高温造成的蒸腾失水;10 月通常为干季的开始,较好的湿度条件有利于晚材的生长;马尾松对当年 11 月相对湿度的变化的显著正响应说明:只要

表 1 鼎湖山马尾松 3 种年轮年表与各气候指标的相关系数(n = 38)
Table 1 Correlation coefficients between three ring width chronologies of *Pinus massoniana* and three climate indices in Dinghushan, South China

月份 Month	年表与平均气温的关系 Correlation with temperature			年表与降水的关系 Correlation with precipitation			年表与相对湿度的关系 Correlation with relative humidity		
	STD	ARS	RES	STD	ARS	RES	STD	ARS	RES
6	-0.170	0.008	-0.175	0.004	-0.032	0.004	0.141	-0.074	0.115
7	-0.272	-0.216	-0.164	0.212	0.232	0.150	0.418*	0.385*	0.325
8	-0.374*	0.383*	-0.186	-0.050	-0.154	-0.022	0.368*	0.383*	0.218
9	-0.281	-0.119	-0.317	0.228	-0.006	0.216	0.299	0.065	0.262
10	-0.290	-0.189	-0.269	-0.052	-0.105	-0.075	0.440*	0.408*	0.217
11	0.031	-0.025	0.067	0.268	0.174	0.271	0.388*	0.351*	0.211
12	-0.160	-0.141	-0.128	0.123	0.211	0.104	0.400*	0.381*	0.329
平均 Average	-0.214	-0.178	-0.205	-0.082	-0.240	-0.057	0.336	0.064	0.314
1	-0.059	-0.036	-0.021	-0.254	-0.255	-0.246	-0.005	-0.025	-0.007
2	-0.094	-0.059	-0.075	-0.260	-0.216	-0.233	0.015	-0.011	0.065
3	0.350*	0.353*	0.377*	-0.202	-0.113	-0.193	-0.120	-0.106	-0.130
4	0.207	0.221	0.147	0.144	0.144	0.205	0.363*	0.357*	0.397*
5	0.015	-0.064	-0.033	0.021	0.122	0.034	0.307	0.301	0.308
6	-0.386*	0.375*	0.485*	0.096	0.003	0.094	0.401*	0.359*	0.461*
7	0.036	0.208	0.093	-0.108	-0.207	-0.107	0.144	-0.069	0.119
8	-0.511*	0.514*	0.593*	0.286	0.327	0.294	0.583*	0.573*	0.589*
9	-0.464*	0.389*	0.485*	0.414*	0.380*	0.422*	0.447*	0.380*	0.457*
10	-0.161	-0.010	-0.163	0.105	0.069	0.075	0.466*	0.420*	0.478*
11	0.121	0.137	0.181	0.211	0.114	0.251	0.383*	0.375*	0.389*
12	-0.134	-0.091	-0.105	-0.152	-0.104	-0.200	0.221	0.030	0.173
平均 Average	-0.133	-0.007	-0.096	0.255	0.250	0.294	0.567*	0.566*	0.580*

STD: 标准化年表 Standard chronology; ARS: 自回归标准化年表 Autoregression standard chronology; RES: 差值年表 Difference chronology; *表示该值超过了 99% 相关检验的重置信区间。

有适合的湿度条件,本地区 11 月的温度条件仍适合马尾松生长。

3.3 3 种年表的对比

对比 3 种年表的结果可以看出,STD 和 ARS 年表对上年 8 月份气温表现出了显著负响应,对上年 7、8、10、11、12 月份的相对湿度都表现出了显著正响应,而 RES 年表则对上年气候因子均未表现出显著相关,由于 RES 是去掉了由前期生理条件对后期生长造成的持续性影响而建立的差值年表,因此这种对比说明上年气候因子是通过对前期生长的影响而间接影响当年生长量的。

4 讨 论

相关分析表明,3 种气候因子对马尾松径向生长具有不同程度的影响。其中,相对湿度在不同月份的变化是控制马尾松径向生长的重要且直接的因素,气温影响次之,降雨量几乎不对年轮指数表现出明显的影响。

降水量与相对湿度对年轮指数的不同影响看似矛盾,其实正体现了树木的生长状况与气候因子间的复杂关系,某一气候因子不成为决定性的限制因子的情况下,树木生长状况实际上取决于各气候因子综合作用所形成的小气候环境。植物对水分的需求表现在两个方面,其一是土壤水分,这是供给植物水分的主体,其二是大气水分环境,这是影响植物诸多生理生化过程的直接原因。降水主要是增加土壤含水量,对大气水分环境只有短暂的影响,由于降水量充足,鼎湖山土壤含水量高,全年变化较小^[5,6],就连最干季节的土壤含水量也基本能满足马尾松生长的需求,同时由于山坡的地

形,再多的降水也不会对马尾松生长造成直接的负面影响,从而,年轮指数与降水量表现出低的相关性;而大气水分环境则受温度等因子的影响而变化相对剧烈,因此马尾松的径向生长对能够直接反映林内大气水分环境的相对湿度表现出了较强的响应。

兰涛等^[7]在马尾松分布北缘的研究表明,4~7月和9~11月份降水量对马尾松直径生长有显著正影响,前一年12月和当年1、3月的降水表现为显著负影响;而平均气温则无显著影响。与本研究结果的对比表明,马尾松分布的南缘和北缘分别有不同的限制因子,在南缘,限制马尾松径向生长的主要为夏季的高温同其造成的湿度胁迫,而北缘的马尾松则主要受降雨量变化的影响。

马尾松对气候因子的这种较为敏感的反应表明,它是一种适于进行年轮气候学分析的树种,遗憾的是本次研究采集到的样品年龄较短,建立的年表序列只有不足百年,不能进行较长时期的历史气候重建。因此,我们只对未来气候变化对马尾松的可能影响进行定性的探讨。

根据全球大气环流模型的预测,由于温室气体浓度的增高,未来全球平均温度将会持续上升,这已得到了大多数研究者的共识,而在对未来降水变化的预测上,尚存在较大的不确定性^[8-10],因而很难预测未来湿度条件的变化,暖湿的气候和暖干的气候都有可能出现。在鼎湖山所处的南亚热带地区,充足的降雨量基本保证了马尾松生长的需求,但生长季中期至后期的高温则主要通过通过对大气相对湿度的影响,而成为马尾松生长的限制因子。因此,未来气候变暖对该区马尾松直径生长的影响主要取决于温度变化的年内分配。春温的升高对马尾松的生长有利;夏秋季过高的温度不利于马尾松的径向生长,有可能造成其分布区南界向高纬度或高海拔地区移动;冬季(也是本地区的干季)温度的升高若不伴随着降雨量的增加,将会加剧蒸发,造成土壤和大气含水量降低,

相对湿度减小,同样会对马尾松的径向生长造成不良影响。

参考文献

- 1 Hou A-M (侯爱敏), Peng S-L (彭少麟), Zhou G-Y (周国逸). 1999. The study of the response of tree-ring to climate change and its applications. *Ecol Sci (生态科学)*, **18**(3): 16~23 (in Chinese)
- 2 Fritts HC. 1976. *Tree Ring and Climate*. New York: Academic Press.
- 3 Feng X-H & Epstein S. 1994. Climatic implications of an 8000-year hydrogen isotope time series from Bristlecone Pine trees. *Science*, **265**: 1079~1081
- 4 Shao X-M (邵雪梅), Wu X-D (吴祥定). 1994. Tree-ring chronology for *Pinus armandi* Franch from Huashan, China. *Acta Geogr Sin (地理学报)*, **49**(2): 174~181 (in Chinese)
- 5 He J-H (何金海), Chen Z-J (陈兆基), et al. 1982. The soil of Dinghushan Biosphere Reserve. *Trop Subtr For Ecosys (热带亚热带森林生态系统)*, **1**: 25~37 (in Chinese)
- 6 Zhang B-G (张秉刚), Zhuo M-N (卓慕宁). 1989. The storage capacity of soil moisture under different forest types in Dinghushan Biosphere Reserve. *Trop Subtr For Ecosys (热带亚热带森林生态系统)*, **5**: 1~6 (in Chinese)
- 7 Lan T (兰涛), Xia B (夏冰), He S-A (贺善安). 1994. Tree ring analysis on relation of *Pinus massoniana* growth to climate factors. *Chin J Appl Ecol (应用生态学报)*, **5**(4): 422~424 (in Chinese)
- 8 Peterson DW & Peterson DL. 1994. Effects of climate on radial growth of subalpine conifers in the North Cascade Mountains. *Can J For Res*, **24**(9): 1921~1932
- 9 Kellogg W & Zhao A-C. 1988. Sensitivity of soil moisture to doubling of carbon dioxide in climate model experiments. Part 1: North America. *J Clim*, **1**: 348~366
- 10 Mitchell JFB, Manabe S, Meleshko V, et al. 1990. Equilibrium climate change—and its implications for the future. In: Houghton JT, Jenkins G & Ephraums JJ eds. *Climate Change—the IPCC Scientific Assessment*. Cambridge, U. K: Cambridge University Press. 131~170

作者简介 侯爱敏,女,1970年生,博士,主要从事树木年轮研究。E-mail: joyhou@scib.ac.cn